利用葉綠素含量估測田間水稻生長之可行性

◎農試所農藝系　楊純明、李裕娟

葉綠素，是構成綠色植物植體顏色的主要色素，是人類重要的營養來源，也是帶動植物生長的幕後推手。除此之外，葉綠素是否隱藏提高農作物生產的超級祕密，成爲提供人們解開增進糧食途徑的鎖鑰？ 本文將從葉綠素含量與田間水稻生長關係，嘗試告訴你這自然界的天大機密。

一、前　言

葉綠素是綠色植物行光合作用的能量工廠，它截取光照當中可見光波段(400-740 nm)的能量，提供固定大氣中二氧化碳所必需的推動能源。在高等植物裏，以葉綠素a及葉綠素b爲細胞葉綠體最主要的工作色素，不僅因爲含量最多，亦因爲活力最旺盛。從研究文獻經常可以找到有關葉綠素含量與光合作用率關係的報告，一般言高葉綠素含量吸收較多光能，在較高光照環境下愈能促進光合作用的進行。另一方面植體葉綠素含量(或濃度)較多者，也反應出處於較高氮素含量(或濃度)狀態，由於氮素含量與光合作用率之密切相關而再間接支持高葉綠素含量有助於光合成的例證。據此推測，在各方條件皆能配合之下，生育期間具有高葉綠素含量之植物，其生長將較具活力而獲得較高生長量，甚至可能有助於植物的生產。

在水稻研究上，葉綠素含量被發現與葉片及莖稈之氮素呈現正相關，然而尚未有人證明葉綠素含量與植體生質量(以鮮重或乾重表示)之間是否存在關係。倘若證據顯示葉綠素含量確實與植體生質量存有正相關，則生育期間維持較高葉綠素含量植株必然具有較佳生長表現，而獲得正面的生產效應。作者遂進行水稻田間試驗，將葉片與地上部植體之葉綠素含量和鮮重的量測結果，利用回歸分析比較葉綠素含量與鮮重的關係，據以闡述利用葉綠素含量估測田間水稻生長之可行性。並探討藉用葉綠素含量作爲栽培管理工具之適用性。

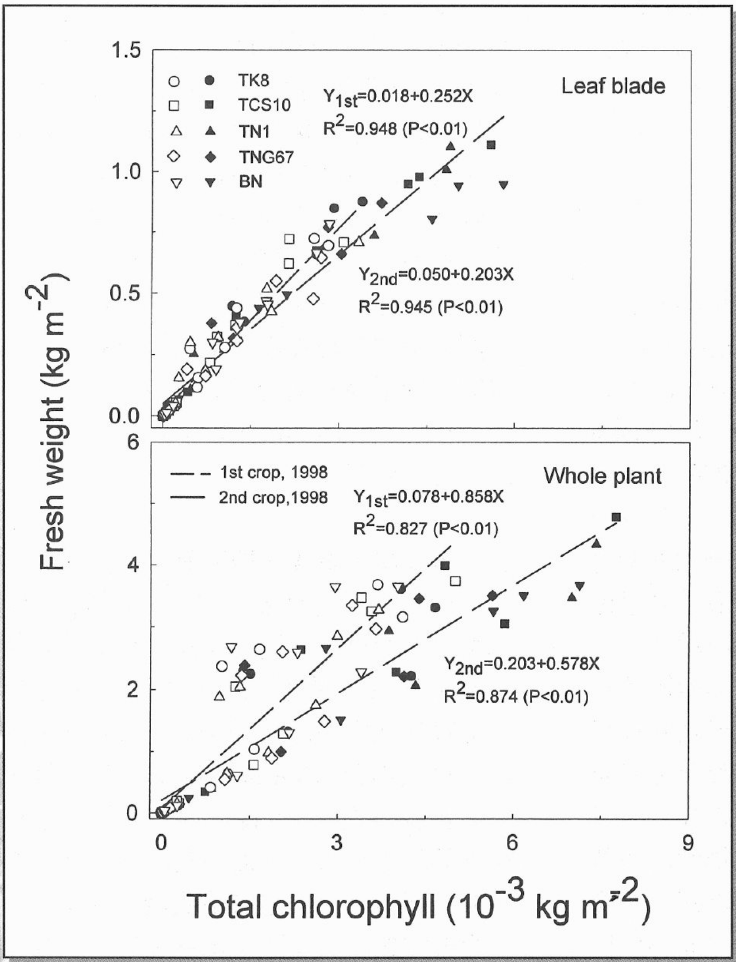
二、葉綠素含量與水稻生長

從田間水稻植株葉片及地上部之葉綠素總量之季節變化，發現無論葉片或地上部葉綠素總量在生長初期均甚低(葉綠素總量在每叢鮮重低於2mg)，隨著稻株生長逐漸的增加至抽穗前達頂點(高於340mg)，再隨著成熟老化遞減(低於53mg)。不同基因型水稻葉綠素總量差異甚大，而同基因型二期作稻株高於一期作稻株。由於葉綠素含量與氮素含量之緊密相關，說明了水稻生育期間存在相

作者：楊副研究員純明
聯絡電話：04-23302301轉135

對氮素含量的變化，可預期造成生育期間光合作作用速率及光合成量上的差異及季節變化。又由統計分析結果，葉綠素總量在一、二期作的季節變化適用於Gaussian函數，即葉綠素總量在水稻生育期間的變化曲線符合Gaussian函數之解釋，決定係數(R^2) 超過0.89(資料未列出)。而在地上部葉綠素總量中，以葉片葉綠素最多，約占70%，即莖稈所含葉綠素遠低於葉片葉綠素含量，此亦驗證葉片部位是水稻植體最主要行光合作用的器官。

從試驗結果也發現，稻株葉片鮮重與地上部鮮重在一、二期作生育期間亦呈現類似於葉綠素總量之Gaussian函數曲線(資料未列出)，顯然的鮮重與葉綠素含量存在某種關係。經以回歸分析後，葉片及地上部之鮮重與葉綠素總量之間呈現直線相關(R^2>0.82)，可見葉綠素總量在兩期作均顯著影響鮮重的表現；葉綠素總量高者具有較大植體鮮重(圖一)。因此，稻株生長確實需要葉綠素提供的能量，並反應出植體生質量隨著葉綠素含量增加的現象，而維持生育期間較高葉綠

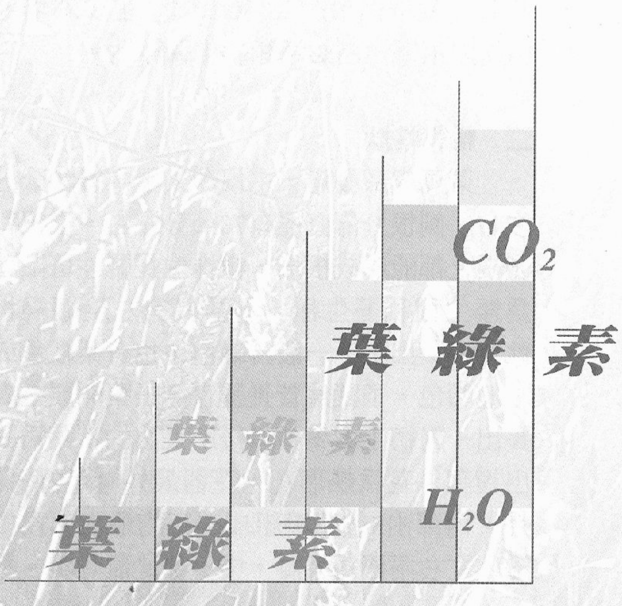


圖一、五種水稻基因型在1998年一期作及二期作植體（葉片與地上部）鮮重與總葉綠素含量之直線相關。實心符號為一期作測值，空心符號為二期作測值。

素含量確實有助於鮮重的累增。雖然整體趨勢是一致的，不同基因型之間仍然存在差異，這也顯示出增加葉綠素含量的基因潛力。

惟在相同的葉綠素總量下，一期作稻株具有較高的植體鮮重(圖一)，此一結果顯示一期作稻株之葉綠素具有較高的生質量生成效率，卻也隱示尙有其他因素決定葉綠素與植體鮮重之關係。在臺灣地區的生產環境，通常一期作生育期較二期作長，且一期作產量平均高於二期作產量。此一事實證諸於一期作稻株葉綠素之較高生質量生成效率及較長生育期，因此有助於稻株生長及最終產量。另在其他總體條件上一期作較二期作爲優，如營養生長期較長、生殖生長期光照強度及光期較適等。

三、結　語

綜合以上說明，證明稻株生長需要葉綠素的存在，葉綠素在生育期間的變化反應出稻株生長的季節起伏，而追蹤葉綠素的變化曲線將可估測稻株的生長表現。因此，欲獲得正常的水稻生育，應當維持適當的葉綠素含量。反之，任何維持葉綠素含量的措施，將協助水稻保持常態的生長，進而助益於產量的穩定。從此一角度來看，吾人不但可以利用葉綠素含量估測田間水稻生長狀態(況)，復可藉著量測葉綠素含量作爲估測水稻生育表現的工具，經由葉綠素變動的量測彰顯出水稻生育期間栽培管理的良窳。在未來水稻精準農耕體系運作上，將可隨時量測稻株葉綠素含量，呈現氮素的需求及生長的表現，而即時施予必要的因應處置達到精準管理目的。

當然在眞正應用量測葉綠素含量於精準管理之前仍必須先進行以下工作，首要項目爲建立葉綠素含量與氮素含量的關係模式，以葉綠素含量直接估算植體氮素含量，俾使用於氮素的精準施用。其次選擇快速而準確的葉綠素量測方法，以獲得迅速便捷而值得信賴的葉綠素測值，目前可以採用葉綠素螢光測計(如Minolta SPAD-502型chlorophyll meter)或光譜遙測技術。最後，由於一、二期作存在氣象環境的差異，並因此造成稻株生理生化上的變異及呈現在光合作用效率與生質量生成上的不同，宜澄清各種影響因子效應，有必要分別建立各期作專用的模式。又爲區分葉綠素含量與生長之關係及高植體重量伴隨高葉綠素含量之差異，在實用時必須考量時間因素，以辨識因果。